

**TUGAS AKHIR**  
**ANALISA PENGARUH PROSES *QUENCHING* DAN WAKTU**  
***TEMPERING* TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN STRUKTUR**  
**MIKRO BAJA KARBON SEDANG**



Tugas Akhir Ini Disusun Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

S-1 Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun oleh :

**MUHAMMAD DAHLAN AMIEN**

**NIM : D200160110**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2021**

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : **MUHAMMAD DAHLAN AMIEN**  
NIM : **D200 160 110**  
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Mesin  
Judul : **Analisa Pengaruh Proses *Quenching* dan Waktu  
*Tempering* Terhadap Nilai Kekerasan dan Struktur  
Mikro Baja Karbon Sedang**

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya tulis yang penulis buat sendiri sebagai syarat memperoleh gelar sarjana S-1 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, kecuali beberapa sumber kutipan dan ringkasan yang telah penulis cantumkan sebagai mana mestinya dalam karya ini.

Surakarta, 22 Februari 2021

Yang menyatakan



**Muhammad Dahlan Amien**

**D200 160 110**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul "**Analisa Pengaruh Proses *Quenching* dan Waktu *Tempering* Terhadap Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro Baja Karbon Sedang**" telah disetujui oleh pembimbing sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana S-1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : **MUHAMMAD DAHLAN AMIEN**

NIM : **D200 160 110**

Disetujui pada :

Hari : *Senin*

Tanggal : *1 Maret 2021*

Dosen Pembimbing

Tugas Akhir



**Ir. Bibit Sugito, M.T.**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul "**Analisa Pengaruh Proses *Quenching* dan Waktu *Tempering* Terhadap Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro Baja Karbon Sedang**" telah disahkan oleh dewan penguji sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana S-1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : **MUHAMMAD DAHLAN AMIEN**

NIM : **D200 160 110**

Disahkan pada :

Hari : **Senin**

Tanggal : **1 Maret 2021**

Dewan Penguji :

1. Ketua : **Ir. Bibit Sugito, M.T.**

2. Anggota 1 : **Bambang Waluyo Febriantoko, S.T., M. T.**

3. Anggota 2 : **Agus Yulianto, S.T., M.T.**

  
.....  
  
.....  
  
.....

Mengetahui,

Dekan  
Fakultas Teknik



  
**Ir. Sri Sunarjono, M.T.**

Ketua Jurusan  
Teknik Mesin

  
**Ir. Subroto, M.T.**



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
Jl. A.Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Telp. (0271) 717417 ext. 222

### LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta nomor 029/II/2020 tanggal 20 Februari 2020 tentang Pembimbing Tugas Akhir dengan ini:

Nama : Ir. Bibit Sugito, M.T.  
Pangkat/Jabatan : Pembina/Lektor Kepala  
Kedudukan : Pembimbing  
Memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa:  
Nama : Muhammad Dahlan Amien  
Nomor Induk : D200160110  
Jurusan/Semester : Teknik Mesin/ 9  
Judul/Topik : Analisa Pengaruh Proses *Quenching* dan Waktu  
*Tempering* Terhadap Nilai Kekerasan dan Struktur  
Mikro Baja Karbon Sedang  
Rincian Soal/Tugas : Melakukan Pengujian Kekerasan dan Struktur Mikro  
dari Baja Karbon Sedang Sebelum dan Setelah  
Mengalami *Treatment*

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 25 September 2020  
Pembimbing

Ir. Bibit Sugito, M.T.

Keterangan  
Dibuat rangkap tiga (3)  
1. Untuk KAJUR (Koordinator TA)  
2. Untuk Pembimbing Tugas Akhir  
3. Untuk Mahasiswa

## HALAMAN MOTTO

“Nun, Demi pena dan apa yang mereka tuliskan”

(Al Qolam : 1)

“*Cogito ergo sum*”

(Rene Descartes)

“Kebaikan satu-satunya adalah pengetahuan dan kejahatan satu-satunya  
adalah kebodohan”

(Socrates)

“Mbreggegeg, ugeg-ugeg, hemel-hemel, sak ndulito”

(Semar)

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kesabaran, ketabahan dan kekutan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang meski bukan menjadi akhir dari ujian kehidupan. Setelah melewati perjuangan yang sangat melelahkan, saya persembahkan Tugas Akhir ini kepada :

1. Ibu dan Almarhum Ayah, serta seluruh keluarga tercinta.
2. Seluruh civitas akademik Universitas Muhammadiyah Surakarta terkhususnya Teknik Mesin dan juga Fakultas Teknik.
3. Para engineer dan juga pejuang keilmuan.

**ANALISA PENGARUH PROSES *QUENCHING* DAN WAKTU  
*TEMPERING* TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN STRUKTUR  
MIKRO BAJA KARBON SEDANG**

Muhammad Dahlan Amien, Ir. Bibit Sugito, M.T.

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura

Email: [d200160110@student.ums.ac.id](mailto:d200160110@student.ums.ac.id)

**ABSTRAK**

Baja karbon sedang banyak digunakan dalam pembuatan komponen mesin seperti poros, roda gigi, dan komponen mesin lainnya. Untuk meningkatkan sifat mekanik pada baja dapat diubah dengan cara memberikan perlakuan panas *quenching* dan *tempering*. Pada penelitian ini *quenching* dilakukan dengan perlakuan panas pada suhu 840°C selama 60 menit kemudian dilanjutkan dengan pendingin cepat dengan media air dan *tempering* dilakukan pada suhu 200°C dan dengan variasi waktu penahanan 10, 30, dan 60 menit kemudian didinginkan secara perlahan pada temperatur ruang. Hasil dari pengujian kekerasan didapatkan nilai kekerasan rata-rata raw material 42,5 HRC dan setelah *quenching* 39,3 HRC. Lalu pada proses *tempering* dengan variasi waktu penahanan 10, 30, dan 60 menit didapatkan nilai kekerasan berturut-turut 42,3 HRC, 42,5 HRC, dan 42,5 HRC. Dengan demikian variasi waktu penahanan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai kekerasan baja karbon sedang dan tidak merubah martensit menjadi martensit temper secara signifikan.

**Kata Kunci : *Quenching*, *Tempering*, Kekerasan, Struktur Mikro**



**ANALYSIS OF THE EFFECT OF THE QUENCHING PROCESS AND  
TEMPERING TIME ON THE HARDNESS VALUE AND  
MICROSTRUCTURE OF MEDIUM CARBON STEEL**

Muhammad Dahlan Amien, Ir. Bibit Sugito, M.T.

Department of Mechanical Engineering, Muhammadiyah University of  
Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura

Email: [d200160110@student.ums.ac.id](mailto:d200160110@student.ums.ac.id)

**ABSTRACT**

*Medium Carbon steel widely used in the manufacture of engine components such as shafts, gears and other engine components. To improve the mechanical properties of the steel it can be changed by providing quenching and tempering heat treatment. In this study, quenching was carried out with heat treatment at a temperature of 840 ° C for 60 minutes then followed by rapid cooling with water media and tempering was carried out at a temperature of 200 ° C and with variations in holding time of 10, 30, and 60 minutes then cooled slowly at room temperature. The results of the hardness test showed that the raw material hardness value was 42.5 HRC and 39.3 HRC after quenching. Then in the tempering process with a variation of the holding time of 10, 30, and 60 minutes, the hardness values were 42.3 HRC, 42.5 HRC, and 42.5 HRC, respectively. Thus, the variation in holding time does not significantly affect the hardness value of medium carbon steel and does not significantly change martensite to tempered martensite.*

**Key Words : Quenching, Tempering, Hardness, Microstructure**

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah rabbi 'alamin, puji syukur kepada Allah SWT atas segala berkah, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penyusunan laporan Tugas Akhir dengan judul “**ANALISA PENGARUH PROSES *QUENCHING* DAN WAKTU *TEMPERING* TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON SEDANG**” dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan, dan motivasi dari berbagai pihak maka sangat sulit bagi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., IPM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Ir. Subroto, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Patna Partono, S.T., M.T. selaku Pembimbing Akademik atas pengarahan dan bimbingannya yang telah banyak saya terima selama berada di Universitas Muhammadiyah Surakarta.
5. Bapak Ir. Bibit Sugito, M.T., selaku pembimbing Tugas Akhir atas pengarahan, bimbingan yang luar biasa untuk saya selama mengerjakan penelitian Tugas Akhir ini.

6. Bapak Muhammad Syukron, S.T., M.Eng., Ph.D., yang telah banyak meluangkan waktu dan membantu saya selama mengerjakan penelitian ini.
7. Jajaran staf dan dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, dan juga seluruh civitas akademik Universitas Muhammadiyah Surakarta atas segala ilmu yang diberikan selama penulis menempuh studi perkuliahan.
8. Revan Pajar dan Bachtiar Wicaksono, rekan penelitian Tugas Akhir yang menjadi teman suka-duka berkeluh kesah.
9. Teman-teman program studi Teknik Mesin angkatan 2016 yang tidak bisa saya sebut satu-persatu.
10. Teman-teman kelas C yang sudah menemani perjalanan kuliah selama 4 tahun ini.
11. Bapak Dr. Muhammad Musiyam, M.T. yang telah memberikan tempat tinggal yang terbaik dan nyaman, serta keluarga GKM yang baik hati dan terus mensupport saya.
12. Semua teman-teman organisasi yang menjadi keluarga saya. HW UMS, Image, IMM, Sunrise Indonesia, Vertical Rescue Indonesia, relawan, dan lainnya.
13. Semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu atas semua bantuan dan dukungan yang telah diberikan selama pengerjaan Tugas Akhir ini.

Semoga Allah SWT juga memberikan kelancaran dan kemudahan atas segala urusan kepada mereka semua. Aamiin.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Untuk itu, penulis memohon maaf serta mengharapkan segala kritik dan saran yang bersifat membangun agar tercipta tulisan yang lebih baik. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Surakarta, 10 Februari 2021



Muhammad Dahlan Amien  
D200 160 110

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR .....	v
HALAMAN MOTTO .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT .....	ix
KATA PENGANTAR .....	x
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR TABEL .....	xx
DAFTAR RUMUS .....	xxi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Sistematika Penulisan .....	5

<b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>	<b>7</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	7
2.2 Baja Karbon .....	11
2.3 Sifat Mekanik Baja .....	13
2.4 Diagram Fasa Fe-Fe <sub>3</sub> C .....	15
2.5 <i>Heat Treatment</i> .....	20
2.6 <i>Quenching</i> .....	23
2.6.1. <i>Martensite</i> .....	25
2.7 <i>Tempering</i> .....	26
2.7.1. Kegagalan Tempering .....	30
2.8 Diagram Transformasi Untuk Pendinginan .....	30
2.9 Pengujian Kekerasan.....	32
2.9.1. Metode Rockwell .....	34
2.9.2. Metode Brinell .....	38
2.9.3. Metode Vickers .....	39
2.9.4. Metode Microhardness (Knoop) .....	40
2.10 Pengujian Struktur Mikro .....	41
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>44</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	44
3.2 Tempat Penelitian.....	45
3.3 Alat dan Bahan .....	45
3.3.1. Alat .....	45
3.3.2. Bahan .....	49

3.3.3. Alat Pengujian .....	51
3.4 Perlakuan Panas .....	52
3.4.1. Proses Quenching .....	53
3.4.2. Proses Tempering .....	54
3.5. Pengujian .....	55
3.5.1. Pengujian Kekerasan .....	55
3.5.2. Pengujian Struktur Mikro .....	56
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>58</b>
4.1 Pengujian Komposisi Kima .....	58
4.1.1. Pembahasan Pengujian Komposisi Kimia .....	59
4.2 Pengujian Struktur Mikro.....	60
4.3 Pengujian Kekerasan .....	67
4.1.1. Pembahasan Pengujian Kekerasan .....	68
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>72</b>
5.1 Kesimpulan.....	72
5.2 Saran .....	73
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Fasa Baja Karbon .....	16
Gambar 2.2 Struktur Mikro <i>Ferrite</i> .....	17
Gambar 2.3 Struktur Mikro <i>Austenite</i> .....	18
Gambar 2.4 Struktur Mikro <i>Pearlite</i> .....	19
Gambar 2.5 Struktur Mikro <i>Sementite</i> .....	19
Gambar 2.6 Diagram Kekerasan sebagai fungsi konsentrasi karbon ..	26
Gambar 2.7 siklus perubahan martensit ke martensit temper .....	27
Gambar 2.8 Grafik temperatur <i>tempering</i> terhadap kekuatan tarik dan luluh pada baja yang di <i>quenching</i> dengan oli .....	28
Gambar 2.9 Grafik kekerasan terhadap waktu <i>tempering</i> pada baja eutektoid yang di <i>quenching</i> dengan air .....	29
Gambar 2.10 Diagram TTT .....	31
Gambar 2.11 Macam indentasi dan persamaannya .....	33
Gambar 2.12 Mekanisme pengujian metode <i>Hardness</i> .....	35
Gambar 2.13 Bagan Pengujian HRC .....	36
Gambar 2.14 Mekanisme pengujian metode <i>Hardness Rockwell Ball</i> .....	36
Gambar 2.15 Bagan pengujian HRB.....	37
Gambar 2.16 lekukan bekas pembebanan pengujian brinell .....	39
Gambar 2.17 Struktur mikro baja karbon 1040 setelah proses <i>heat treatment</i> .....	42





Gambar 4.3	Hasil pengujian mikrofografi setelah <i>quenching</i> . Austenisasi 60 menit pada suhu 840°C. media pendingin air. Struktur martensit. Nital 3%. 200x .....	62
Gambar 4.4	Hasil pengujian mikrofografi setelah <i>quenching</i> . Austenisasi 60 menit pada suhu 840°C. media pendingin air. Struktur martensit. Nital 3%. 500x .....	63
Gambar 4.5	Hasil pengujian mikrofografi setelah <i>tempering</i> 10 menit suhu 200°C. Struktur martensit temper. Nital 3%. 200x.....	64
Gambar 4.6	Hasil pengujian mikrofografi setelah <i>tempering</i> 10 menit suhu 200°C. Struktur martensit temper. Nital 3%. 500x.....	64
Gambar 4.7	Hasil pengujian mikrofografi setelah <i>tempering</i> 30 menit suhu 200°C. Struktur martensit temper. Nital 3%. 200x.....	65
Gambar 4.8	Hasil pengujian mikrofografi setelah <i>tempering</i> 30 menit suhu 200°C. Struktur martensit temper. Nital 3%. 500x.....	65
Gambar 4.9	Hasil pengujian mikrofografi setelah <i>tempering</i> 60 menit suhu 200°C. Struktur martensit temper. Nital 3%. 200x.....	66

Gambar 4.10 Hasil pengujian mikrografi setelah <i>tempering</i> 60 menit suhu 200°C. Struktur martensit temper. Nital 3%. 500x.....	66
Gambar 4.11 Grafik hasil pengujian kekerasan rockwell pada raw material, setelah heat treatment pada suhu 840°C selama 60 menit dan quenching media air, dan tempering pada suhu 200°C dengan holding time 10, 30 dan 60 menit .....	68

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil pengujian kekerasan dengan media pendingin Air, Air garam, Oli, dan Udara .....	8
Tabel 2.2 Skala Kekerasan Rockwell.....	35
Tabel 2.3 Skala Kekerasan Superficial Rockwell .....	37
Tabel 4.1 Hasil uji komposisi kimia baja karbon sedang.....	58

## DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Nilai Kekerasan Rockwell .....	34
Rumus 2.2 Nilai Kekerasan Brinell.....	38
Rumus 2.3 Nilai Kekerasan Vickers.....	40
Rumus 2.4 Nilai Kekerasan Knoop .....	41